

근소만 갯벌어장 내 바지락의 생존, 성장, 환경을 고려한 서식 적합성 연구

최용현* · 최윤석**† · 조윤식** · 김영태** · 전승렬**

*, ** 국립수산물과학원 갯벌연구센터

A Study on the Habitat Suitability Considering Survival, Growth, Environment for *Ruditapes philippinarum* in Geunso Bay (Pado and Beopsan)

Yong-Hyeon Choi* · Yoon-Seok Choi**† · Yoon-Sik Cho** · Young-Tae Kim** · Seung-Ryul Jeon**

*, ** Tidal Flat Research Center, National Institute of Fisheries science, Gunsan 54014, Korea

요약 : 현재 국내바지락 양식 산업은 연안선 변화, 양식 환경악화로 생산량이 감소하는 반면, 수입량 급증으로 인한 어려움에 직면해 있다. 현 실태를 극복하고 지속적인 양식을 위해 서식환경을 종합적으로 이해하는 것이 중요하며, 바지락의 서식환경은 양식장의 생산력과 밀접한 관련이 있다. 본 연구에서는 2015년 6월부터 2016년 5월까지 근소만에 위치한 파도와 법산 갯벌어장에 대하여 생존(입도, 해수 유동), 성장(Chlorophyll a, DIN, DIP, 노출시간), 환경(수온, DO, 퇴적물 COD, IL)을 이용하여 서식환경 특성을 구명하였다. 조사결과 파도(최대값; 모래함량 48.76 %, 해수 유속 10.59 cm/s, Chlorophyll a 12.70 ug/L, 노출시간 3시간, DO 18.65 mg/L)는 법산(최대값; 모래함량 37.40 %, 해수 유속 6.02 cm/s, Chlorophyll a 6.41 ug/L, 노출시간 7시간, DO 14.81 mg/L)보다 높은 유속과 모래함량, 풍부한 DO와 영양염으로 바지락 서식에 유리한 조건을 가지고 있었으며, 실제로도 더 높은 서식밀도를 나타내었다. 본 연구는 파도와 법산 바지락 서식지 환경을 파악하여 근소만 갯벌어장의 최적 관리 방안 및 잠재적 적지선정을 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

핵심용어 : 서식환경, 적지선정, 바지락, 해수유동, 어장관리

Abstract : Domestic Manila clam production has been reduced due to coastline changes and environmental degradation, but aquaculture industry is facing difficulties caused by an increase in imports. It is important to recognize the integral habitat environment in order to do sustainable aquaculture. The habitat environment of Manila clams (*Ruditapes philippinarum*) is closely related to the productivity of aquaculture farms. This study investigated 3 indexes, survival (sediment type, hydrodynamic), growth (Chlorophyll a, DIN, DIP) and environment (water temperature, dissolved oxygen, sediment chemical oxygen demand, ignition loss) as indicators of habitat characteristics for a tidal flat farm in Geunso Bay (Pado and Beopsan) from June 2015 to May 2016. As a result, Pado (maximums.; sand 48.76 %, hydrodynamic 10.59 cm/s, Chlorophyll a 12.70 ug/L, exposure time 3 hours, DO 18.65 mg/L) had a higher sand content, faster current speed, more abundant nutrients and DO, providing more favorable conditions for Manila clams than Beopsan (maximums.; sand 37.40 %, hydrodynamic 6.02 cm/s, Chlorophyll a 6.41 ug/L, exposure time 7 hour, DO 14.81 mg/L). In fact, Pado showed a higher density than Beopsan. This study considered the habitat environments of Pado and Beopsan to provide a basis for optimal management practices and potential suitable sites in Geunso bay.

Key Words : Habitat environment, Suitable site selection, *Ruditapes philippinarum*, Hydrodynamics, Fishery management

1. 서론

바지락은 이매패류 중 가장 높은 비중을 차지하는 양식생물이며, 우리나라에서는 국민 조개로 알려질 만큼 중요한

수산자원이라 할 수 있다(NFRDI, 2014a). 최근 건강식품에 대한 관심이 커짐과 동시에 바지락의 수요도 지속적으로 증가하고 있으며, 동물성 단백질의 일부분을 수산물에 의존하는 국내 실정에 따라 바지락은 산업적으로 중요한 위치에 있다(KREI, 1996). 특히 바지락은 불포화지방산을 다수 포함하여 웰빙식품으로써 각광받고 있으며(Kinsella, 1987), 인간에게

* First Author : cyh6414@naver.com, 063-472-8613

† Corresponding Author : grcys@korea.kr, 063-472-8611

유용한 필수아미노산을 근육 및 내장 등에 함유하고 있어 (Yoon et al., 2007) 앞으로 지속적으로 연구해야 할 고부가가치 수산양식품종이다.

바지락에 관한 연구사례는 백합과(Veneridae) 아미노산 조성 및 유연관계(Yoon et al., 2007), 지역별 바지락 중금속 농축변화(Ahn et al., 2006), 바지락에 기생하는 퍼킨서스에 관한 연구(Choi and Park, 2001), Shikoku 조간대에 서식하는 이매패류 생태에 관한 연구(Tanabe and Arimura, 1987), 염분 영향에 따른 이매패류의 가입, 먹이, 성장에 관한 연구(Kim and Kho, 2004; Nakamura et al., 2005; Shin and Lim, 2003)등 바지락의 식품영양, 중금속, 기생충, 생리·생태에 관한 연구가 주를 이루고 있다. 하지만 바지락의 생존, 성장, 환경에 영향을 미치는 인자들에 대한 종합적인 해석과 생산력 증대를 위한 바지락 서식지 특성에 관한 기초연구는 미흡한 실정이다.

생산량은 2003년에 40,642 M/T, 갯벌어장의 황폐화 및 대량폐사 등의 원인으로 2013년에는 18,145 M/T까지 감소하였고, 2015년에는 25,517 M/T으로 회복하였다. 이에 반해 2000년 바지락의 수입량은 1,761 M/T이었고, 이용가치가 높아짐에 따라 점차 증가하여 2008년에는 9,784 M/T, 2015년에는 41,806 M/T으로 최근에는 급격히 증가하였다(MOF, 2016). 앞으로 점진적인 국내 바지락 양식의 생산량증대를 위해서는 국내 바지락 품질 향상을 통한 경쟁력 재고가 필요하며 적합한 서식 환경에 대한 이해와 관리가 시급하다고 생각된다.

바지락은 조수간만의 차가 심한 조간대에 서식한다. 환경적인 변화가 극심한 조간대에서 생물이 서식하려면 여러 가지 환경 조건들이 적합해야하는데 바지락은 이매패류 중에서도 넓은 범위의 온도와 염분 변화에 높은 내성을 갖기 때문에(Laing and Child, 1996; Kim et al., 2001) 이용가치가 높고, 광활한 갯벌을 보유하고 있는 우리나라에서 지속적으로 생산·관리할 필요성이 있다. 최근 3년 동안 국내 바지락 생산량의 약 70%가 대부분 서해에서 이루어지고 있으며, 그 중 충남이 최대 51%로 가장 높은 비율을 차지하고 있다. 따라서 본 연구에서는 바지락 양식 지역 중 높은 비중을 차지하는 충남 근소만 법산, 파도 갯벌어장의 생존, 성장, 환경을 고려한 종합적인 해석을 통해 바지락 양식의 문제점을 파악하고, 환경적 특성을 규명하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 연구지역

태안 서쪽에 위치한 근소만은 만 입구를 통해 외해와 내해의 해수 교환이 이루어지는 약 30 km² 면적의 반폐쇄성 만이다. 육상에서 직접적으로 유입되는 하천이 없어 담수의 영향을 거의 받지 않으며, 조간대 퇴적물의 성상은 대부분 사질실트(sandy silt)로 구성되어 있다. 근소만의 평균 조차는 6 m이

고, 평균 해면 높이는 약 3.55 m이다. 간조시에는 근소만 전체 면적의 약 90%정도가 노출되고, 만조시에는 2~4 m의 수심을 유지한다고 알려져 있다(Kim and Kim, 2008)(Fig. 1).

조사 정점은 근소만 내에서 바지락 양식이 활발히 이루어지고 있는 파도(36° 44' 0.3", 126° 9' 30.6")와 법산(36° 44' 10.9", 126° 10' 40.1") 갯벌어장이다. 근소만 갯벌 어장은 자연발생하는 바지락을 이용하여 양식이 이루어지고 있고, 해수유동은 부채꼴 모양으로 만과 비슷한 형태를 가지고 있다(NFRDI, 2014b).

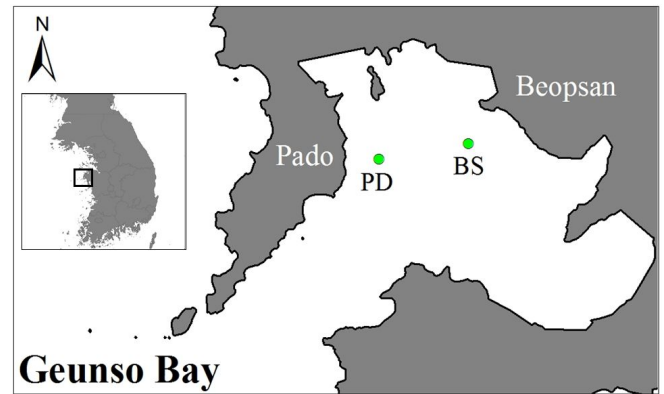


Fig. 1. Study area and survey sites in Geunso Bay, Korea.

2.2 연구방법

갯벌어장 현장 조사는 2015년 6월부터 2016년 5월까지 매월 1회씩 해수와 퇴적물을 채취하였고, 계절별 특징을 파악하기 위해 3개월 간격으로 평균을 구하였다. 퇴적물은 양식장의 표층과 바지락이 주로 서식하고 있는 0~5 cm깊이의 퇴적물을 채취하였다. 각 정점별 해수는 Temperature, Dissolved Oxygen(이하 DO), Salinity, pH, DIN(NO₂-N + NO₃-N + NH₄⁺-N), DIP(PO₄³⁻-P), Chlorophyll *a*를 측정하였다. Temperature, DO, Salinity, pH는 YSI 556 Multiprobe System으로 현장 측정하였으며, DIN, DIP, Chlorophyll *a*는 분광광도법(Spectrophotometry)으로 분석하였다(MOF, 2010). 각 정점별 퇴적물 시료는 과산화수소(Hydrogen peroxide)로 전처리를 하였고, 4 Ø(0.0625 mm) 표준체를 이용하여 조립질과 세립질로 분리하였다. 4 Ø이하의 퇴적물은 독일 FRITSCH사의 전자식 체진동기인 Analysette 3 Pro를 이용한 건식체질법으로, 4 Ø를 초과하는 퇴적물은 Micromeritics Instrument Corp.(USA)의 입도 분석기기인 SediGraph III 5120을 이용하여 분석하였다. 분석 후 측정된 자료는 Folk(1954)의 방법에 의해 계산하였다. 퇴적물의 오염지표를 나타내는 화학적산소요구량(Chemical Oxygen Demand, 이하 COD)은 1 g의 습시료를 이용하여 알칼리성 과망간산칼륨법으로 정량(mg/g-dry, 이하 mg/g)하였고, 강열감량(Ignition Loss, 이하 IL)은 5 g의 습시료

근소만 갯벌어장 내 바지락의 생존, 성장, 환경을 고려한 서식 적합성 연구

를 건조기로 110 ℃에서 2시간 동안 가열한 후 무게를 측정하였다(MOF, 2010). 정점별 해수유동은 KOHA(2016)에서 배포하는 해수 유동 시뮬레이션 수치조류도를 이용하여 2015년 6월부터 2016년 5월까지 1시간 간격으로 추출하였고, 간조와 만조 때 유속의 scalar 값을 이용하여 월평균 값을 계산하였다. 서식밀도는 50 × 50 cm(0.25 m²) 방형구를 이용하여 바지락이 나타나지 않는 10 cm 깊이까지 생물과 퇴적물을 채집하여 5 mm 체로 습식체질을 3회 반복하였다. 채집된 바지락 개체수의 평균을 계산하여 서식밀도를 산정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 근소만 갯벌 바지락 생존

근소만은 주변의 가로림만보다 해수교환이 빠르고 하천의 유입이 없어 외해에 의한 해수교환이 이루어지는데, 만과 외해와의 해수유동은 만의 생태계를 건강하게 만드는 중요한 요인으로 작용한다(Choi et al., 2011). 해수유속은 해수교환의 역할 뿐만 아니라, 퇴적물 분포에도 영향을 미치기 때문에 바지락의 서식환경에 중요한 역할을 한다(Jeon et al., 2015). 바지락 치패는 해수유동에 따라 이동하면서 모래와 패각과 같은 입자가 굵은 기질 위에 정착하기 때문에(Tezuka et al., 2013) 퇴적물 내의 모래 함량이 바지락 치패 정착에 중요한 역할을 한다.

Vincenzi et al.(2006)의 연구결과에 따르면 모래 함량이 20~60%, 해수 유속은 0~0.3 m/s까지 증가할수록 바지락 성장에 더 적합하다고 하였는데, 파도는 모래 함량이 27.05~48.76% (평균 33.00%), 해수 유속이 9.80~10.59 cm/s(평균 10.13 cm/s)로 나타났고, 범산은 모래 함량이 13.44~37.40%(평균 26.11%), 해수 유속이 5.55~6.02 cm/s(평균 5.75 cm/s)로 나타났다(Fig. 2). 파도의 경우 외해와 해수교환이 이루어지는 근소만의 입구에 가깝게 위치해 있기 때문에 범산보다 약 4 cm/s 빠른 해수 유속을 나타냈는데, 이러한 해수 유속의 차이가 퇴적물의 모래 함량에 영향을 주는 것으로 판단된다. Folk(1954)의 퇴적물 분류 삼각 다이어그램을 이용하여 분석한 결과(Fig. 3), 파도와 범산 모두 사질니(sM)에 밀집되었다. 그러나 파도는 모래(S) 함량이 범산보다 많아 사질니(sM)의 위쪽에 주로 분포했고, 범산은 세립질의 함량이 높기 때문에 사질실트(sZ)와 사질니(sM)의 경계선에 주로 분포하는 것으로 나타났다. 파도의 모래 함량은 국내 최대 바지락 생산지 중의 하나인 곶소만 바지락 양식장의 모래 함량(모래 47~49%)(Cho et al., 2001)보다 낮게 나타났지만 범산보다 높은 모래 함량으로 바지락 치패 착저에 유리한 조건을 가지는 것으로 판단된다.

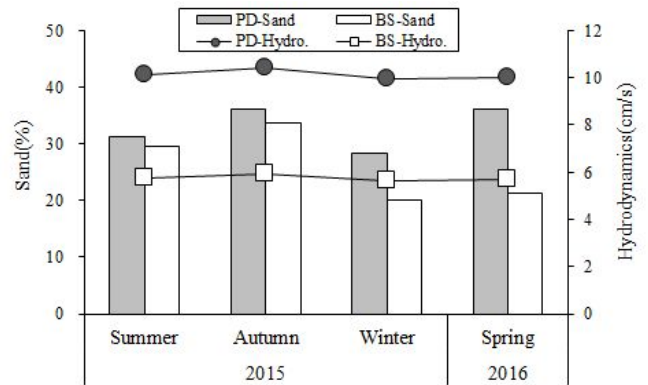


Fig. 2. Sand sediment content (L) and hydrodynamics (R) at Pado and Beopsan.

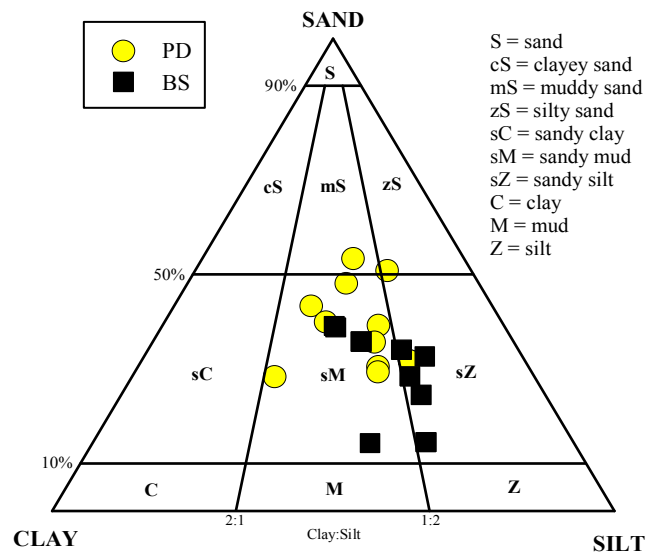


Fig. 3. Sediment type at Pado and Beopsan (Folk, 1954).

3.2 근소만 갯벌 바지락 성장

바지락은 여과섭식(filter feeder)성 생물로 식물플랑크톤과 수중의 현탁물을 먹이원으로 섭취한다(Baek, 2008). Vincenzi et al.(2006)는 Chlorophyll *a*가 2~11 ug/L일 때 바지락 성장에 가장 좋고, 이를 초과하면 바지락 성장이 점차 감소한다고 하였는데, Chlorophyll *a*는 파도에서 0.59~12.70 ug/L(평균 4.04 ug/L)로 범산의 0.27~6.41 ug/L(평균 2.85 ug/L)보다 더 높게 나타났다(Fig. 4). 근소만은 육지에서 유입되는 하천이 없고, 외해와 해수교환이 이루어지면서 영양염이 공급되기 때문에, 근소만 입구에 가깝게 위치한 파도리가 식물플랑크톤의 대량번식에 유리한 조건을 가지고 있어 범산보다 높게 나타난 것으로 판단된다. 식물플랑크톤의 먹이원인 DIN과 DIP는 파도에서 각각 0.004~0.481 mg/L(평균 0.265 mg/L), 0.016~0.089

mg/L(평균 0.042 mg/L)로 나타났고, 범산은 각각 0.002~1.133 mg/L(평균 0.435 mg/L), 0.027~0.114 mg/L(평균 0.064 mg/L)로 나타났다. DIN과 DIP 모두 범산이 파도보다 높게 나타났는데, 파도리에서 다량의 Chlorophyll *a*의 먹이원으로 소모되었기 때문에 판단된다. 가을에 파도의 Chlorophyll *a*가 적게 나타난 것은 봄철 산란된 치패가 가을에 급성장을 하면서 바지락의 먹이원으로 소모되었기 때문에 추측된다.

바지락의 성장은 입자크기 외에 해수유동, 수온, 염분 등 매우 다양한 환경요인에 복합적으로 영향을 받는데(Crimaldi et al., 2002; Min et al., 2004), 이러한 환경이 비슷할 경우 노출시간이 짧을수록 성장에 양호한 환경을 조성한다(Han et al., 2012). 노출시간이 길수록 여름철 고온으로 인한 폐사, 원

활하지 않은 먹이공급 등의 문제가 발생할 수 있다. 하루 평균 노출시간이 파도는 약 2~3시간, 범산은 약 6~7시간으로 약 3배의 차이가 있다는 보고가 있어(NFRDI, 2014b), 파도가 범산보다 바지락 성장에 적합한 노출시간을 가지고 있을 것을 알 수 있었다.

3.3 근소만 갯벌 바지락 환경

바지락은 수온과 같은 물리적 환경요인에 큰 영향을 받지만, 식물플랑크톤의 현존량에도 유의한 상관관계가 있다(Baek et al., 2008). 바지락의 생리적 현상에 영향을 주는 주요 요인으로 수온, 염분, pH, DO와 같은 환경요인들이 있다(Table 1, Table 2).

Mulolland(1984)는 바지락의 성장기 때 수온이 20~31 °C, DO가 4 mg/L 이상일 때 바지락 서식에 가장 적합하다고 했는데, 파도는 수온이 1.76~31.28 °C(평균 16.66 °C), DO는 6.39~18.65 mg/L(평균 10.40 mg/L)로 나타났고, 범산은 수온이 5.66~29.82 °C(평균 17.45 °C), DO는 5.27~14.81 mg/L(평균 9.12 mg/L)로 나타났다(Fig. 5). 수온, 염분, pH는 파도와 범산 모두 유사한 수치를 보였지만, DO의 경우 파도에서 범산보다 4계절 모두 더 높게 나타났다. 퇴적물의 유기물 함량을 알 수 있는 퇴적물 COD와 IL은 갯벌어장의 직·간접적 오염지표로 활용된다(Fig. 6). 파도의 퇴적물 COD는 4.20~10.15 mg/g(평균 8.06 mg/g), IL은 1.41~3.27%(평균 2.48%)로 나타났고, 범산의 퇴적물 COD는 0.37~8.48 mg/g(평균 3.44 mg/g), IL은 0.47~3.16%(평균 1.31%)로 나타났다. 퇴적물 COD와 IL은 파도에서 더 높게 나타났는데, 이는 바지락 양식장의 적정입식밀도와 환

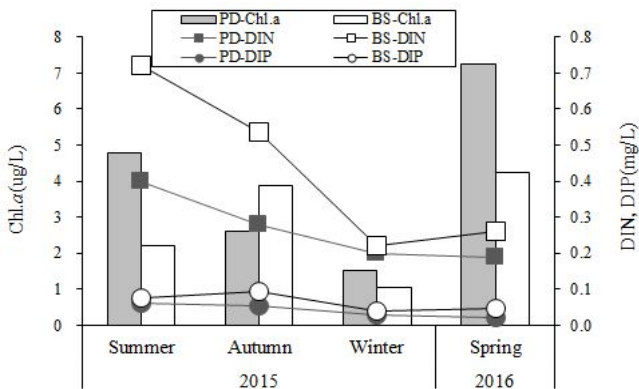


Fig. 4. Chlorophyll *a* (L) and DIN, DIP concentration (R) at Pado and Beopsan.

Table 1. Environmental characteristics according to the monthly survey at Pado

| St. | Year | Month | Temp. | Sal. | DO | pH | Chl. <i>a</i> | Sediment | Sediment COD | Sediment IL | Density |
|---------|------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|----------|--------------|-------------|---------------------|
| | | | °C | psu | mg/L | | ug/L | % Sand | mg/g | % | ind./m ² |
| PD | 2015 | Jun. | 24.00 | 31.70 | 9.40 | 7.76 | 1.96 | 37.53 | 9.20 | 1.88 | 8,750 |
| | | Jul. | 25.42 | 33.53 | 6.39 | 7.72 | 10.86 | 29.24 | 9.44 | 2.74 | 20,267 |
| | | Aug. | 29.63 | 31.63 | 6.79 | 7.94 | 1.58 | 27.05 | 9.29 | 3.27 | 19,258 |
| | | Sep. | 31.28 | 31.89 | 7.37 | 8.62 | 5.48 | 39.01 | 9.00 | 2.33 | 29,008 |
| | | Oct. | 21.67 | 33.24 | 9.44 | 8.06 | 1.25 | 37.36 | 6.97 | 1.41 | 20,367 |
| | | Nov. | 11.48 | 31.44 | 10.83 | 8.02 | 1.04 | 32.06 | 9.89 | 2.37 | 22,475 |
| | Dec. | 8.36 | 31.57 | 10.54 | 7.94 | 2.69 | 28.67 | 4.88 | 2.48 | 16,183 | |
| | 2016 | Jan. | 4.08 | 31.92 | 13.23 | 8.04 | 0.67 | 27.73 | 10.15 | 2.85 | |
| | | Feb. | 1.76 | 32.01 | 12.68 | 8.01 | 1.19 | 28.88 | 5.85 | 2.22 | |
| | | Mar. | 11.18 | 32.75 | 18.65 | 8.34 | 0.59 | 31.19 | 4.20 | 2.70 | |
| | | Apr. | 13.49 | 29.99 | 11.67 | 8.08 | 12.70 | 28.57 | 10.01 | 2.76 | |
| | | May | 17.54 | 26.33 | 7.78 | 7.82 | 8.44 | 48.76 | 7.82 | 2.76 | |
| Min. | | 1.76 | 26.33 | 6.39 | 7.72 | 0.59 | 27.05 | 4.20 | 1.41 | 8,750 | |
| Max. | | 31.28 | 33.53 | 18.65 | 8.62 | 12.70 | 48.76 | 10.15 | 3.27 | 29,008 | |
| Average | | 16.66 | 31.50 | 10.40 | 8.03 | 4.04 | 33.00 | 8.06 | 2.48 | 19,473 | |

근소만 갯벌어장 내 바지락의 생존, 성장, 환경을 고려한 서식 적합성 연구

Table 2. Environmental characteristics according to the monthly survey at Beopsan

| St. | Year | Month | Temp. | Sal. | DO | pH | Chl.a | Sediment | Sediment COD | Sediment IL | Density |
|-----|---------|-------|-------|-------|-------|------|-------|----------|--------------|-------------|---------------------|
| | | | °C | psu | mg/L | | ug/L | % Sand | mg/g | % | ind./m ² |
| BS | 2015 | Jun. | 24.80 | 34.20 | 9.60 | 7.86 | 1.33 | 21.78 | 5.15 | 0.89 | 7,917 |
| | | Jul. | 28.51 | 35.26 | 5.27 | 7.85 | 3.82 | 31.36 | 1.41 | 2.01 | 11,775 |
| | | Aug. | 29.82 | 27.45 | 6.88 | 7.94 | 1.52 | 35.23 | 2.77 | 2.10 | 8,850 |
| | | Sep. | 28.45 | 35.82 | 7.03 | 8.03 | 6.34 | 33.00 | 3.98 | 0.86 | 7,125 |
| | | Oct. | 22.88 | 33.63 | 7.55 | 8.02 | 4.59 | 30.41 | 8.48 | 0.96 | 13,058 |
| | | Nov. | 11.25 | 31.33 | 8.33 | 7.78 | 0.74 | 37.40 | 4.29 | 0.47 | 13,425 |
| | 2016 | Dec. | 9.15 | 29.05 | 9.48 | 7.85 | 2.36 | 30.41 | 2.55 | 1.36 | 8,050 |
| | | Jan. | 5.66 | 32.88 | 11.53 | 8.39 | 0.27 | 14.58 | 2.40 | 0.95 | |
| | | Feb. | 9.60 | 31.60 | 11.30 | 8.26 | 0.55 | 14.99 | 5.75 | 3.16 | |
| | | Mar. | 8.53 | 32.18 | 14.81 | 8.10 | 1.59 | 13.44 | 0.37 | 1.32 | |
| | | Apr. | 13.37 | 17.15 | 10.52 | 7.89 | 6.41 | 22.14 | 2.46 | 0.80 | |
| | | May | 17.32 | 34.51 | 7.15 | 7.83 | 4.71 | 28.52 | 1.60 | 0.80 | |
| | Min. | | 5.66 | 17.15 | 5.27 | 7.78 | 0.27 | 13.44 | 0.37 | 0.47 | 7,125 |
| | Max. | | 29.82 | 35.82 | 14.81 | 8.39 | 6.41 | 37.40 | 8.48 | 3.16 | 13,425 |
| | Average | | 17.45 | 31.26 | 9.12 | 7.98 | 2.85 | 26.11 | 3.44 | 1.31 | 10,029 |

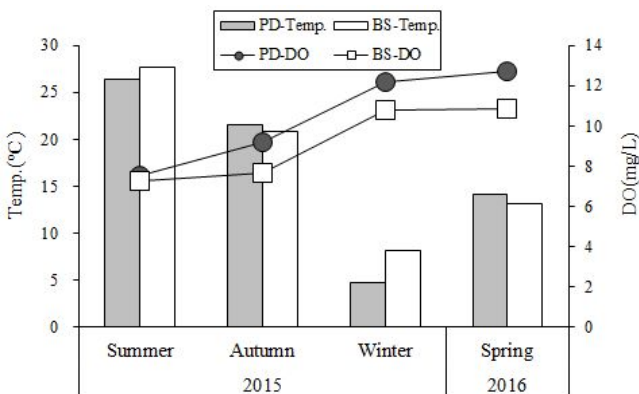


Fig. 5. Water Temperature (L) and dissolve oxygen concentration (R) at Pado and Beopsan.

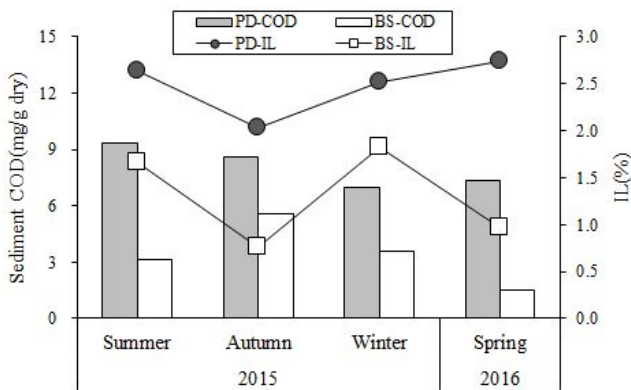


Fig. 6. Sediment chemical oxygen concentration (L) and ignition loss (R) at Pado and Beopsan.

경수용력을 고려하지 않은 양식이 이루어지고 있기 때문에 판단된다. 퇴적물 COD는 20 mg/g 이상일 때 오염된 것으로 볼 수 있는데, 파도와 법산은 상대적으로 양호한 환경인 것을 알 수 있었다. 그러나 지속적인 생산성 유지 및 향상을 위해서 과도한 밀식 방지, 환경변화에 관련한 폐사율 관리, 지속적인 모니터링을 통해 환경악화의 가능성을 미연에 방지해야 한다.

3.4 근소만 갯벌 바지락 서식밀도

서식밀도는 바지락 서식을 위한 복합적 환경조건의 적합여부를 판단할 수 있는 지시자로 이용할 수 있다. 2015년 근소만 바지락 서식밀도를 매월 조사한 결과 파도는 5,470~29,008 ind./m²(평균 14,378 ind./m²)이었고, 법산은 6,138~13,425 ind./m²(평균 9,407 ind./m²)로 나타났다(Fig. 7).

바지락의 산란은 주로 봄에 발생되는데, 같은 시기에 식물플랑크톤의 대량번식이 주로 발생된다. 파도에서 바지락 서식밀도가 여름과 가을에 급격히 증가하는 것은 짧은 노출시간과 풍부한 먹이원으로 인해 성장하기 적합한 환경이기 때문으로 판단된다. 법산은 계절별 서식밀도의 변화가 적게 나타나는데, 긴 노출시간으로 인해 치폐가 여름철 고온에 직접적으로 노출되어 성장이 어려운 것으로 추측된다. 겨울에는 두 정점 모두 서식밀도가 가장 낮게 나타났는데, 어민들의 바지락 수확이 대규모로 집중되는 시기이기 때문으로 판단된다. 바지락 서식밀도와 생존, 성장, 환경의 종합적인 조건을 고려했을 때, 파도가 법산보다 바지락 서식에 더 적합한 것을 알 수 있다.

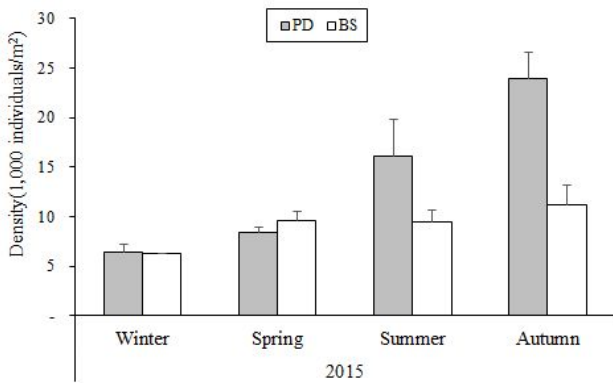


Fig. 7. Manila clam density at Pado and Beopsan.

최근 증가하고 있는 바지락에 대한 수요를 충족하기 위해 수입량이 급격히 증가하고 있지만, 국내 바지락 생산량 및 비만도는 점차 감소하고 있다. 근소만 바지락 양식장의 퇴적물 COD와 IL 오염 수준은 우려할 정도로 높지 않았지만, 환경수용력과 서식환경을 고려하지 않은 밀식이 지속되면 증가하는 퇴적물 오염으로 인해 서식지 황폐화에 따른 생산량 감소로 이어질 수 있다. 현재 바지락 생산량 회복 및 향상을 위한 폐사원인 연구가 수행되었고(NFRDI, 2009), 모래살포를 통한 서식지 환경변화를 유도하여 바지락 성장에 미치는 영향을 조사하는 연구가 이루어지고 있다. 따라서 본 연구에서 구명된 인자들 외에도, 바지락의 선호 환경을 통한 적지선정 연구와 국내에서 바지락 양식이 활발한 지역의 서식환경 조사를 통해 바지락 생산량과 품질 향상을 위한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다. 정책적으로는 환경수용력을 고려한 밀식 방지, 현재 어장을 평가하여 오염이 심할 경우 어장 재배치 또는 자정작용이 가능한 자연휴식년 제도 도입 등의 어장 관리가 반드시 필요할 것으로 보인다.

4. 결론

본 연구에서는 바지락에 적합한 서식환경 파악을 위하여 바지락 양식이 활발히 이루어지고 있는 근소만에 위치한 파도와 법산 갯벌어장의 바지락 서식환경을 조사하였다.

바지락의 생존, 성장, 환경을 고려하여 바지락 서식에 영향을 미치는 퇴적물 성상, 해수유동, 식물플랑크톤, 수온, DO, 퇴적물 COD, IL을 조사하였으며, 서식환경의 적합여부를 파악하기 위해 서식밀도를 조사하였다.

조사 결과 생존인자인 입도와 해수유동은 파도에서 최대 모래함량 48.76%, 해수 유속 10.59 cm/s이었고, 법산은 최대 모래함량 37.40%, 해수 유속 6.02 cm/s로 나타나 파도의 해수 유속이 빠르기 때문에 모래 함량이 높게 나타난 것으로 판

단된다. 성장인자인 Chlorophyll *a*와 노출시간은 파도에서 최대 Chlorophyll *a* 12.70 ug/L, 노출시간 3시간이었고, 법산은 최대 Chlorophyll *a* 6.41 ug/L, 노출시간 7시간이었다. Chlorophyll *a*는 파도와 법산 모두 바지락 성장에 적합한 것으로 나타났지만, 노출시간은 파도의 경우 법산보다 짧아 바지락 성장에 보다 유리한 조건을 가지고 있는 것을 알 수 있었다. 또한 DO와 영양염이 풍부하여 식물플랑크톤의 대량증식에 유리한 조건을 가지고 있었다. 바지락 양식장 퇴적물의 오염 수준은 낮았지만 지속적인 바지락 양식 활동을 위해, 모래살포를 통하여 자연 치폐 정착 유도과 함께 밀식 방지와 같은 관리가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 결과는 국내 바지락 서식지 환경을 평가하여 최적 관리 방안 및 적지선정을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 만 특성에 따른 환경용량을 고려하여 바지락뿐만 아니라 다른 갯벌 생물들에게도 적합한 서식지가 될 수 있도록 지속적인 관리가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2016년도 국립수산물과학원 수산과학연구사업(R201657)의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- [1] Ahn I. Y., J. H. Ji, H. J. Choi, S. H. Pyo, H. Park and J. W. Choi(2006), Spatial variations of heavy metal accumulation in Manila clam *Ruditapes philippinarum* from some selected intertidal flats of Korea. *Ocean and Polar Research*, Vol. 28, No. 3, pp. 215-224.
- [2] Baek S. H., J. Y. Lee, H. O. Lee and M. S. Han(2008), Study of the Food Characteristics on Pacific Oyster *Crassostrea gigas* and Manila Clam *Ruditapes philippinarum* in the Intertidal Zone of Taeahn, Korea, *The Korean Journal of Environment Biology*, Vol. 26, No. 3, pp. 145-152.
- [3] Cho T. J., S. B. Lee and S. Y. Kim(2001), Sedimentological and Hydromechanical Characteristics of Bed Deposits for the Cultivation of Manila clam, *Ruditapes philinarum* on Gomso Tidal Flat, *Journal of Korean Fishery Society*, Vol. 34, No. 3, pp. 245-253.
- [4] Choi K. S and K. I. Park(2001), Histopathology and spatial distribution of the protozoan parasite, *Perkinsus* sp. found in the Manila clam *Ruditapes philippinarum* distributed in Cheju, Korea. *Korean Journal of Environmental Biology*, Vol.

- 19, No. 1, pp. 79-86.
- [5] Choi J. K., J. H. Ryu, H. J. Woo and J. A. Eom(2011), A Study on the Flushing Characteristics in Geunso Bay using Hydro-hypsographic Analysis, *Journal of Korean Wetlands Society*, Vol. 13, No. 1, pp. 45-52.
- [6] Crimaldi J. P., J. K. Thompson, J. H. Rosman, R. J. Lowe and J. R. Koseff(2002), Hydrodynamics of Larval Settlement: The Influence of Turbulent Stress Events at Potential Recruitment Sites, *American Society of Limnology and Oceanography*, Vol. 47, No. 4, pp. 1137-1151.
- [7] Folk, R. L.(1954), The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature, *Journal of Geology*, Vol. 62, No. 4, pp. 344-359.
- [8] Han H. S., C. W. Ma and J. Y. Kim(2012), Growth Patterns of the Manila Clam, *Ruditapes philippinarum* at Each Tidal Level in the Intertidal Zone in Tae-an, West Coast of South Korea, *The Korean Journal of Malacology*, Vol. 28, No. 1, pp. 29-35.
- [9] Jeon S. R., Y. S. Choi, Y. S. Cho, Y. T. Kim and Y. H. Choi(2015), Suitable Site Assessment using Habitat Suitability Index for *Ruditapes philippinarum* in Gochang(Hajun), *Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety*, Vol. 21, No. 5, pp. 484-491.
- [10] Kim C. W. and K. H. Kho(2004), Effects of Water Temperature and Salinity on Dietary Feeding of Manila clam (*Ruditapes philippinarum*), *The Korean Journal of Environment Biology*, Vol. 22, No. 1, pp. 28-34.
- [11] Kim D. S. and K. H. Kim(2008), Tidal and Seasonal Variations of Nutrients in Keunso Bay, the Yellow Sea, *Ocean and Polar Research*, Vol. 30, No. 1, pp. 1-10.
- [12] Kim, W. S., H. T. Hur, S. H. Hur, and T. W. Lee(2001), Effects of salinity on endogenous rhythm of the Manila clam *Ruditapes philippinarum* (Bivalvia: Veneridae). *Marine Biology*, Vol. 138, pp. 157-162.
- [13] Kinsella, J. E.(1987), Potential sources of fish oil. In *seafoods and fish oils in human health and disease*. Marcel Dekker Inc., New York, pp. 239-255.
- [14] KOHA(2016), Korea Ocean Observing and Forecasting System, [online] <http://www.khoa.go.kr/tdnet/>, (accessed 09.26.16).
- [15] Korea Rural Economic Institute(1996), Food Balance sheet. Korea Rural Economic Institute, Seoul, Korea, pp. 186-198.
- [16] Laing, I. and A.R. Child(1996), Comparative tolerance of small juvenile palourdes (*Tapes decussates* L.) and Manila clams (*Tapes philippinarum* Adams & Reeve) to low temperature. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, Vol. 195, pp. 267-285.
- [17] Min K. S., S. J. Lee, B. H. Kim and K.Y. Park(2004), Tolerance against Water Temperature and Growth of *Ruditapes philippinarum* Spats in Different Substrates, *The Korean Journal of Malacology*, Vol. 20, No. 2, pp. 121-124.
- [18] MOF(2010), Marine environment standard methods, Ministry of Oceans and Fisheries, p. 495.
- [19] MOF(2016), Fisheries Information Service, [online] http://www.fips.go.kr/jsp/sf/ss/ss_kind_law_list.jsp?menuDepth=070104, (accessed 09.26.16).
- [20] Mulholland, R.(1984), Habitat suitability index models: Hard clam, Biological Report FWS/OBS-82/10.77, U.S. Fish and Wildlife Service, U.S. Dept. Int, Washington D.C., p. 12.
- [21] Nakamura Y., K. Hashizume, K. Koyama and A. Tamaki (2005), Effects of salinity on sand burrowing activity, feeding and growth of the clams *Macra veneriformis*, *Ruditapes philippinarum* and *Meretrix lusoria*. *Journal of Shellfish Research*, Vol. 24, No.4, pp. 1053-1059.
- [22] NFRDI(2009), A Study on the Stability of Aquaculture in Manila Clam, *Ruditapes philippinarum*, National Fisheries Research and Development Institute, pp. 35-54.
- [23] NFRDI(2014a), 100 Items of Fishery Products(Shellfish), National Fisheries Research and Development Institute, pp. 118-136.
- [24] NFRDI(2014b), 1/2 Technical Report of National Fisheries Research & Development Institute, National Fisheries Research and Development Institute, pp. 145-164.
- [25] Shin H. C. and K. H. Lim(2003), The Influence of Water Temperature and Salinity on the Filtration Rates of the Short-necked clam, *Ruditapes philippinarum*, *The Korean Journal of Malacology*, Vol. 19, No. 1, pp. 1-8.
- [26] Tanabe K. and E. Arimura(1987), Ecology of four infaunal bivalve species in the Recent intertidal zone, Shikoku, Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 60, pp. 219-230.
- [27] Tezuka N., M. Kanematsu, K. Asami, K. Sakiyama, M. Hamaguchi and H. Usuki(2013), Effect of Salinity and Substrate Grain Size on Larval Settlement of the Asari clam(Manila clam, *Ruditapes philippinarum*), *Journal of experimental Marine Biology and Ecology*, Vol. 439, pp. 108-112.
- [28] Yoon, H. S., Y. K. An., S. D. Choi and J. Kim (2007), Amino acid composition and relationship of the five Venerid

Clams(Mollusca, Bivalvia) in Korea. Journal of Aquaculture,
Vol. 20, No. 2, pp. 75-80.

- [29] Vincenzi, S., G. Caramori, R. Rossi and Giulio A.
DELeo(2006), A GIS-based habitat suitability model for
commercial yield estimation of *Tapes philippinarum* in a
Mediterranean coastal lagoon (Sacca di Goro, Italy),
Ecological Modelling, Vol. 193, No. 1, pp. 90-104.

Received : 2016. 09. 29.

Revised : 2016. 10. 25.

Accepted : 2016. 10. 27.